3　橋梁定期点検データに基づく分析結果

本章では、表 2.1、表 2.2 に挙げた「材料」と「部材」について、H16 点検要領で取得する全て（26 種類）の損傷種類についての損傷発生状況を整理する。そして、部材種類毎、損傷種類毎の劣化の特徴の大略をつかみ、第 4 章で劣化モデルを作成する対象を設定するにあたっての参考とする。

3.1　代表的な主要部材の損傷発生状況

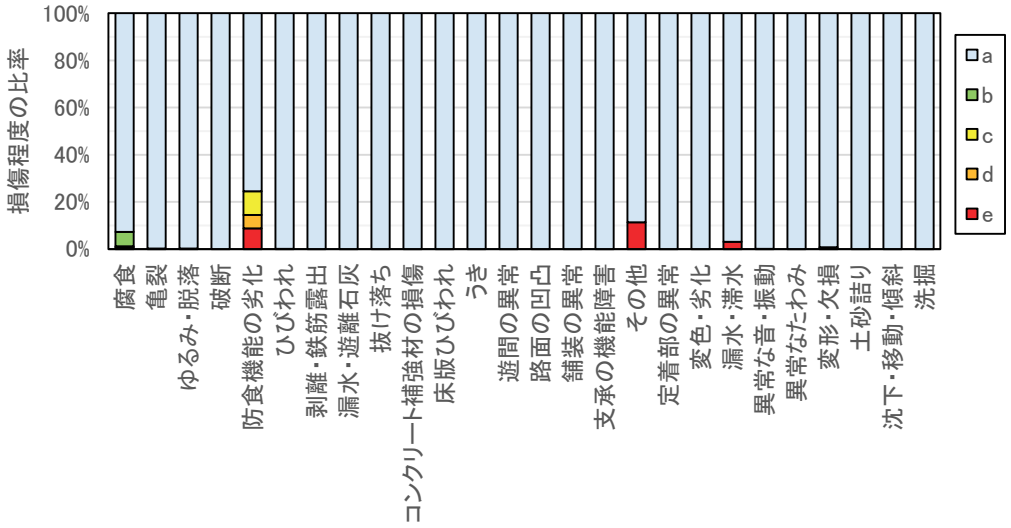
本章では、大略をつかむことを主眼とし、要素単位の損傷程度を各径間の最低評価値で代表させて径間単位の損傷程度を集計する。データの記録上、架設竣工年や形式が不明の場合は、該当径間、もしくは該当橋梁を排除して分析を行う。

分析は、2004～2013 年の間に橋梁定期点検が実施された橋梁を対象とした。その中から、架設年が 2002 年以降で供用開始 2 年以内の定期点検結果と点検年が最も直近に行われた定期点検結果を抽出した。本資料では、前者を「初回点検」、後者を「直近点検」と呼称する。図 3.1 は、架設年が異なる仮想の橋梁 1~10 に対して、初回点検の結果と直近点検の結果が得られる年を例示したものである。

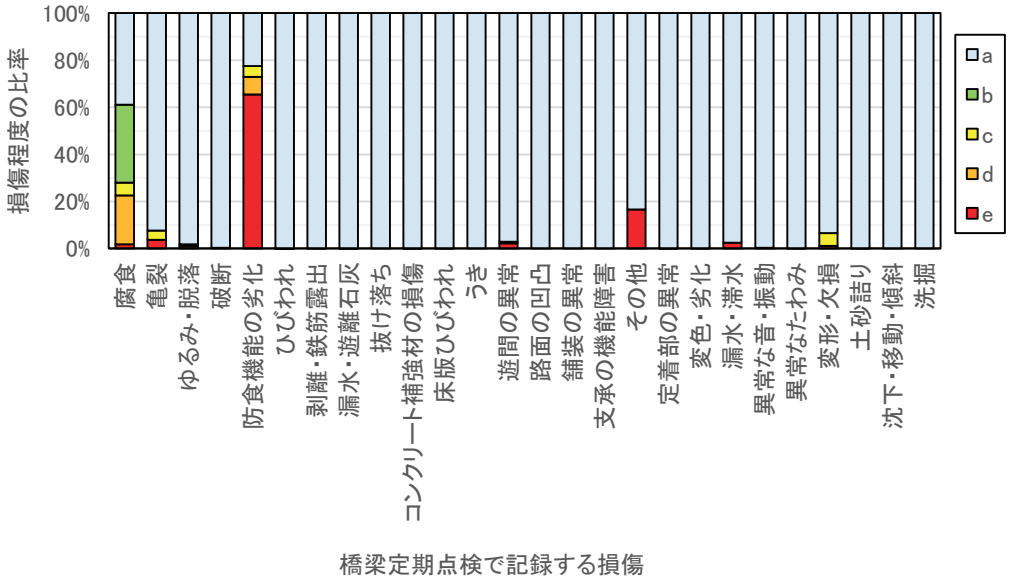
橋 1 であれば、2004 年に供用が開始、2006 年には 1 回目の点検が行われる。供用開始 2 年以内の点検なので、2006 年に実施された 1 回目の点検が初回点検となる。その後、2011 年に 2 回目が行われている。そのため、本資料のデータ分析においては、2011 年の点検結果を直近点検として抽出する。橋 2~3 も同様である。橋 4~8 は、供用開始から 3 年以上経過していることになるので、本資料のデータ分析においては、1 回目の点検であっても初回点検として扱わない。橋 5 は 3 回目の点検結果を直近点検として抽出することになる。橋 9~10 は、供用開始 2 年以内に点検が行われているので初回点検であるが、同時に直近点検でもある。このような橋は、本資料のデータ分析においては、初回点検の分析でも直近点検の分析でも整理することになる。

図 3.1　初回点検と直近点検

図 3.2～図 3.10 に、代表的な主要な部材について、初回点検と直近点検の損傷程度の比率を示す。主要な部材の種類は構造形式等によっても異なり、一義的ではないが、ここでは、主要部材に分類されることの多いいくつかの代表的な部材を対象として結果を考察する。



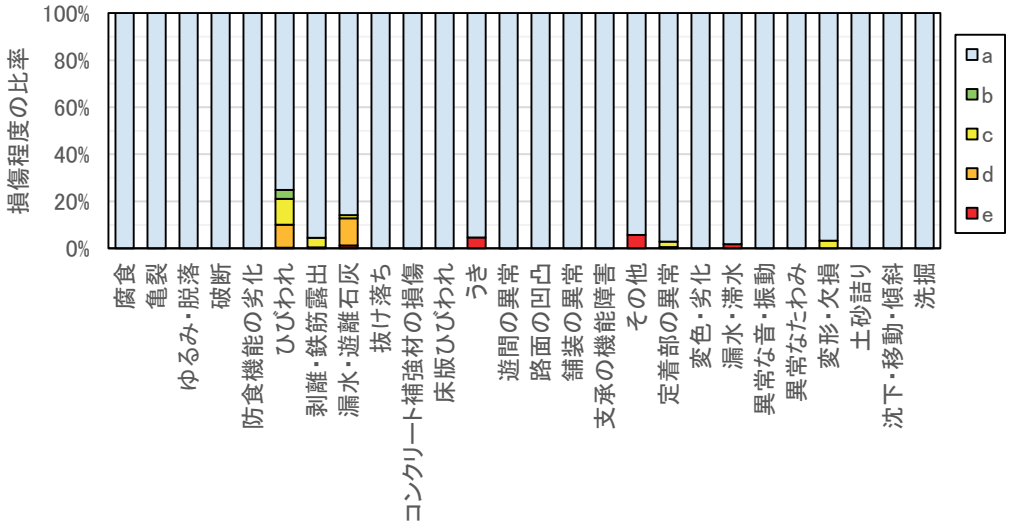
（a）初回点検（対象：1,570 径間）



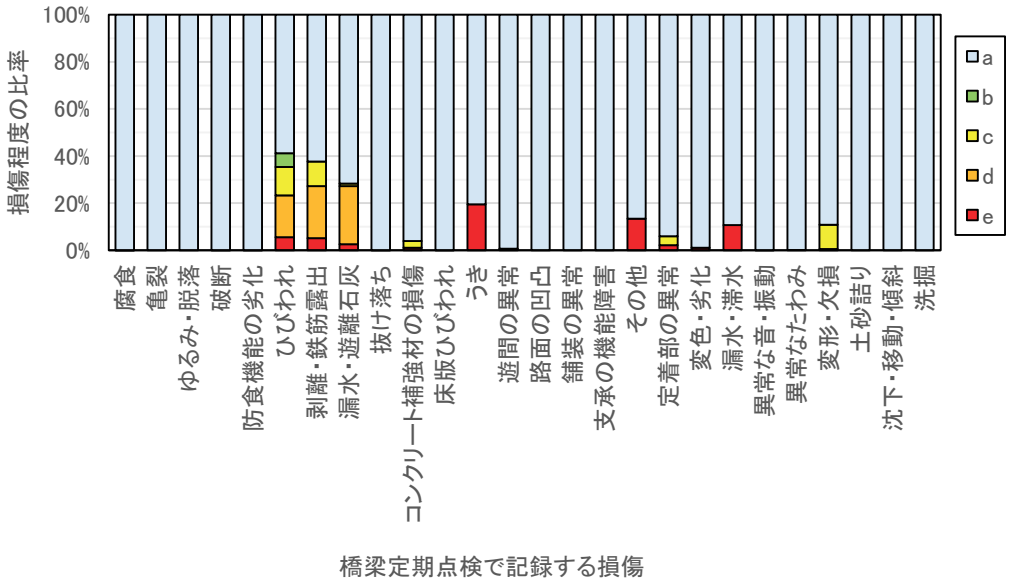
（b）直近点検（対象：28,292 径間）

図　3.2　鋼主桁の損傷程度の比率

鋼主桁について、初回点検では、腐食が 5%程度、防食機能の劣化が 25%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じていることがわかる。また、直近点検では、腐食が 60%程度、亀裂が 5%程度、防食機能の劣化が 80%近くの径間にて何らかの形で損傷が生じていることがわかる。初回点検と直近点検の発生割合を比較すると、腐食と防食機能の劣化において特に顕著な差が見られる。



（a）初回点検（対象：2,360 径間）

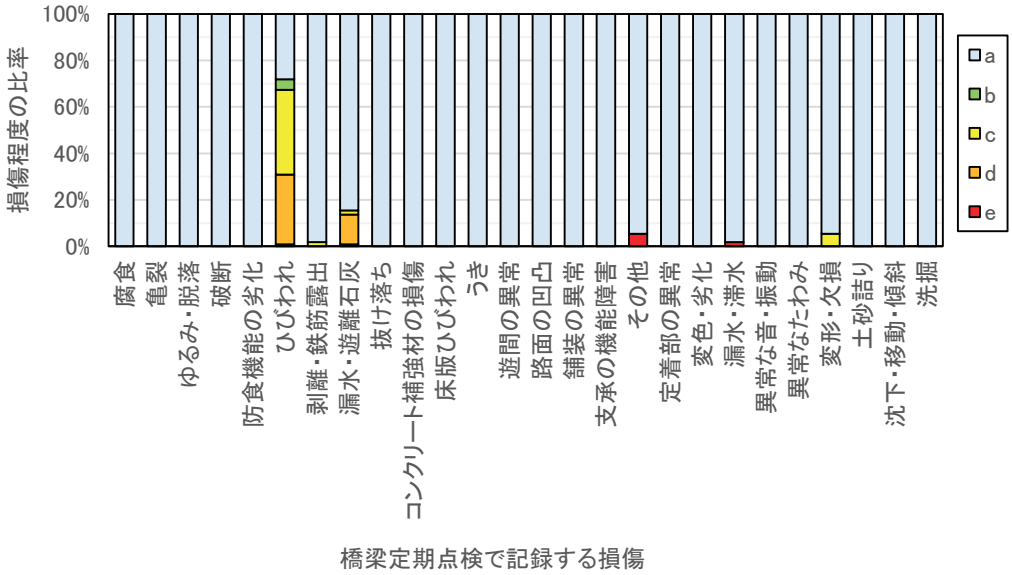


（b）直近点検（対象：36,705 径間）

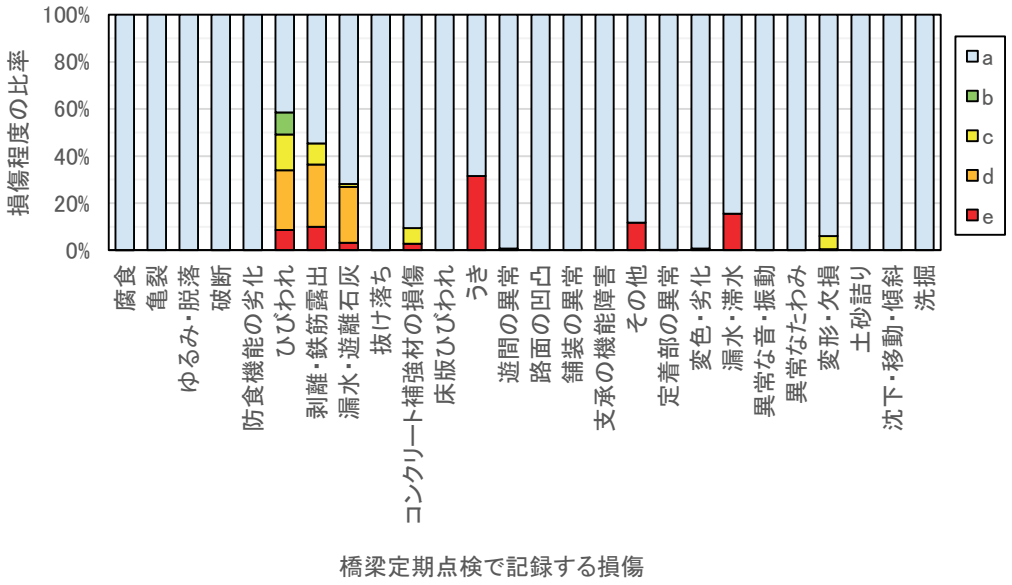
図　3.3　コンクリート主桁の損傷程度の比率

コンクリート主桁について、初回点検では、ひびわれが 20%程度、漏水・遊離石灰が 15%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、ひびわれがおよそ 40%程度、剥離・鉄筋露出が 40%程度、漏水・遊離石灰が 30%程度、うきが 20%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を比較すると、ひびわれ、漏水・遊離石灰とうきで特に顕著な差が見られる。

図 3.4～3.6 にコンクリート主桁を RC 桁、PC 桁（プレテン）、PC 桁（ポステン）で分割して整理したものを示す。



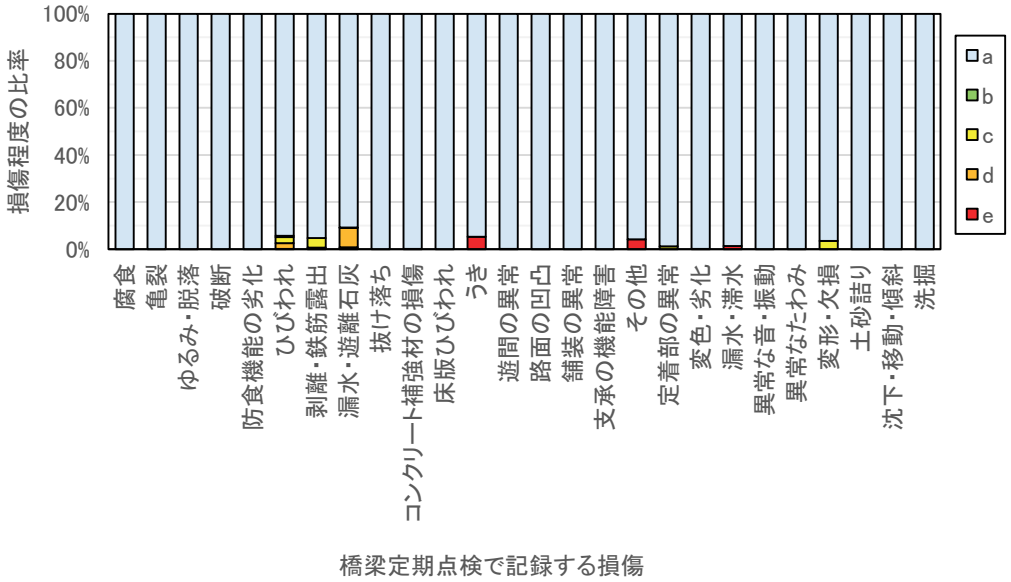
（a）初回点検（対象：110 径間）



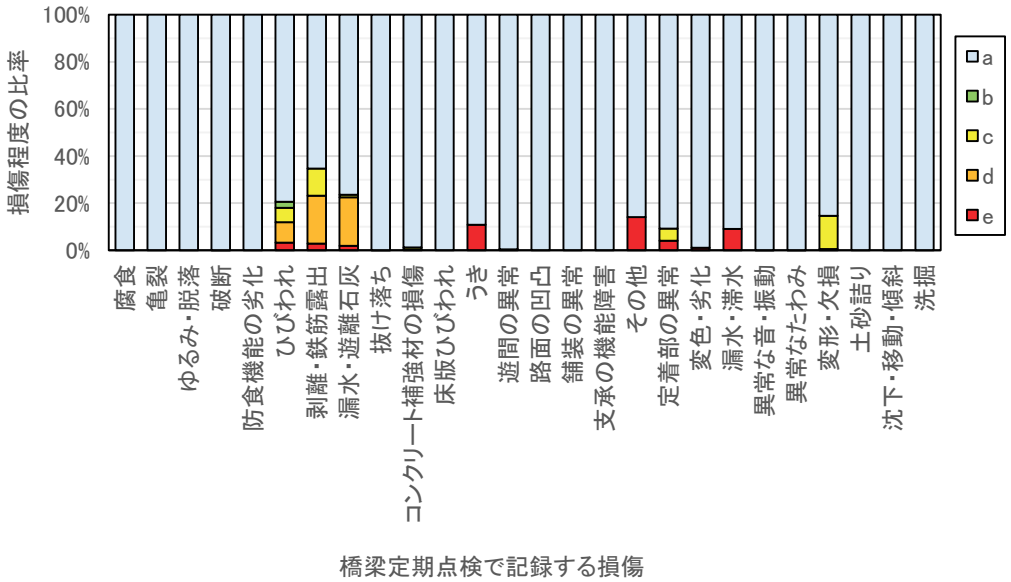
（b）直近点検（対象：10,654 径間）

図　3.4　コンクリート主桁（RC 桁）の損傷程度の比率

RC 桁について、初回点検では、ひびわれが 70%程度、漏水・遊離石灰が 20%程度の径間で何らかの形で損傷が生じている。直近点検で確認された損傷においては、ひびわれが 60%程度、剥離・鉄筋露出が 40%程度、漏水・遊離石灰が 30%程度、うきが 30%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を比較すると、剥離・鉄筋露出とうきで特に顕著な差が見られる。一方、ひびわれにおいては、初回点検よりも直近点検で確認されているひびわれの割合が少ないものの、最も状態の悪い損傷程度 e が生じている径間が多い。



（a）初回点検（対象：761 径間）

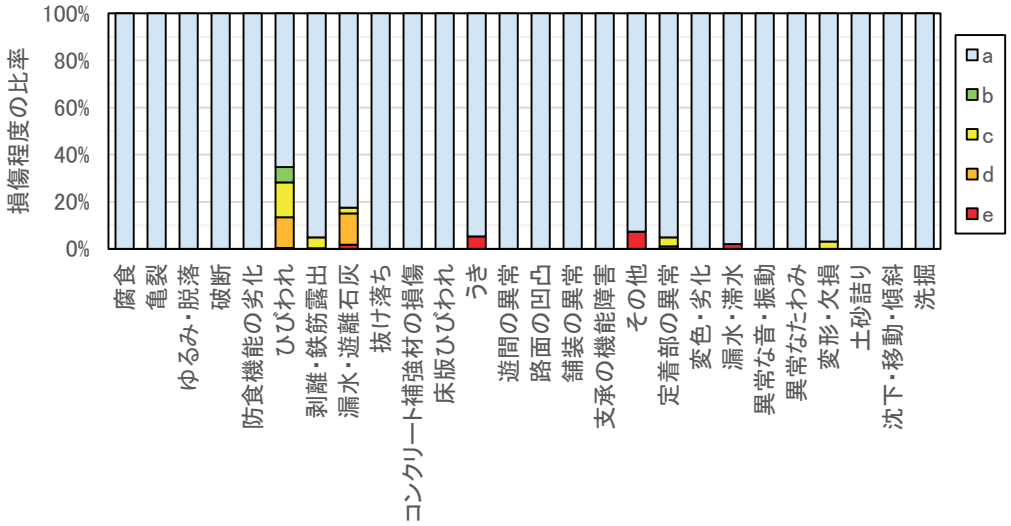


（b）直近点検（対象：15,216 径間）

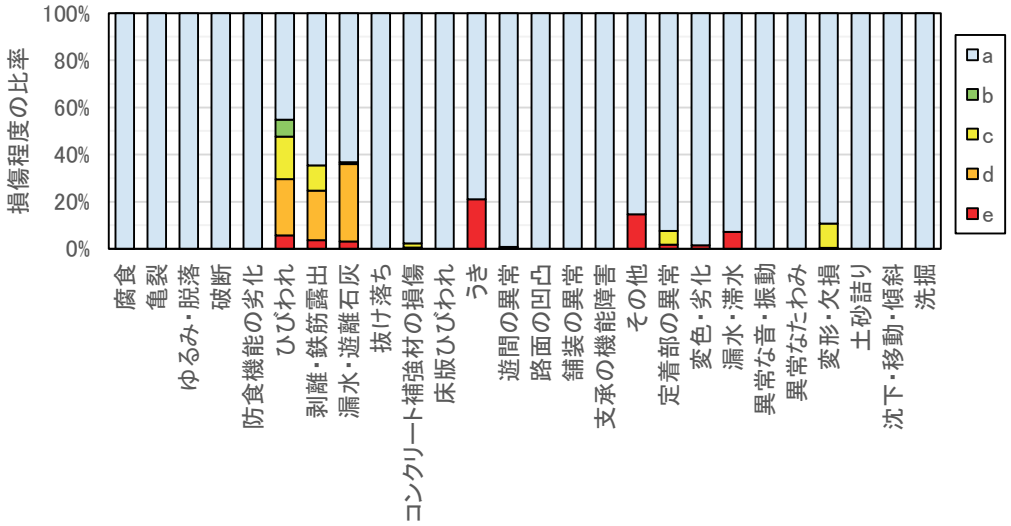
図　3.5　コンクリート主桁（PC 桁（プレテン））の損傷程度の比率

PC 桁（プレテン）について、初回点検では、ひびわれが 10%以下、漏水・遊離石灰が 10%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、ひびわれがおよそ 20%程度、剥離・鉄筋露出が 30%程度、漏水・遊離石灰が 20%程度、うきが 10%程度の径間で何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を比較すると、ひびわれと剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰で特に顕著な差が見られる。

RC 桁、PC 桁（ポステン）と比較すると、初回点検、直近点検ともにひびわれ、漏水遊離石灰の割合が低いことがわかる。



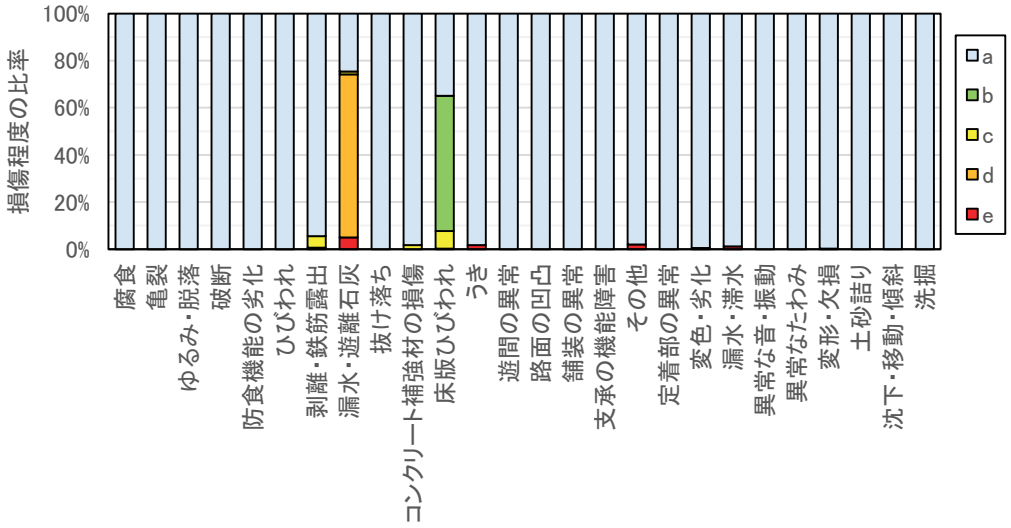
（a）初回点検（対象：948 径間）



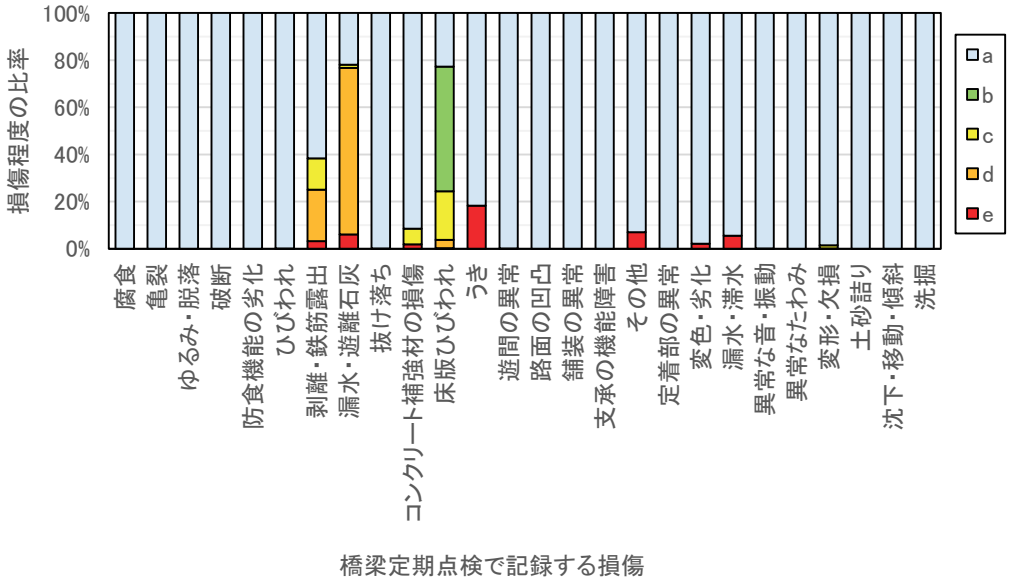
（b）直近点検（対象：10,068 径間）

図　3.6　コンクリート主桁（PC 桁（ポステン））の損傷程度の比率

PC 桁（ポステン）について、初回点検では、ひびわれが 40%程度、漏水・遊離石灰が 20%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、ひびわれが 60%程度、剥離・鉄筋露出と漏水・遊離石灰が 40%程度、うきがおよそ 20%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と全点検を比較すると、ひびわれ、漏水・遊離石灰とうきで特に顕著な差が見られる。ひびわれにおいては、初回点検で確認される径間が多いという点では RC 桁と傾向が似ており、直近点検で確認される径間が初回点検よりも多くなっている点では PC 桁（プレテン）と傾向が似ている。



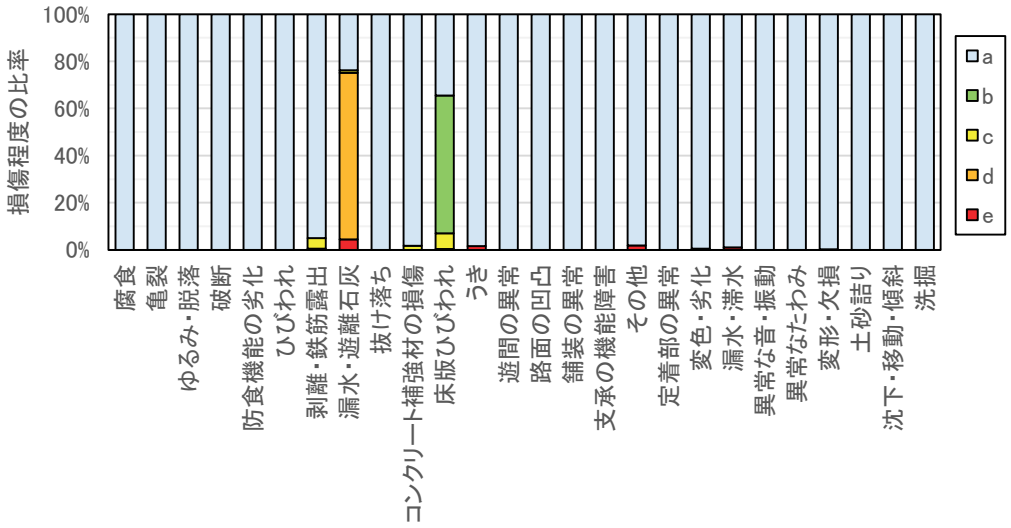
（a）初回点検（対象：953 径間）



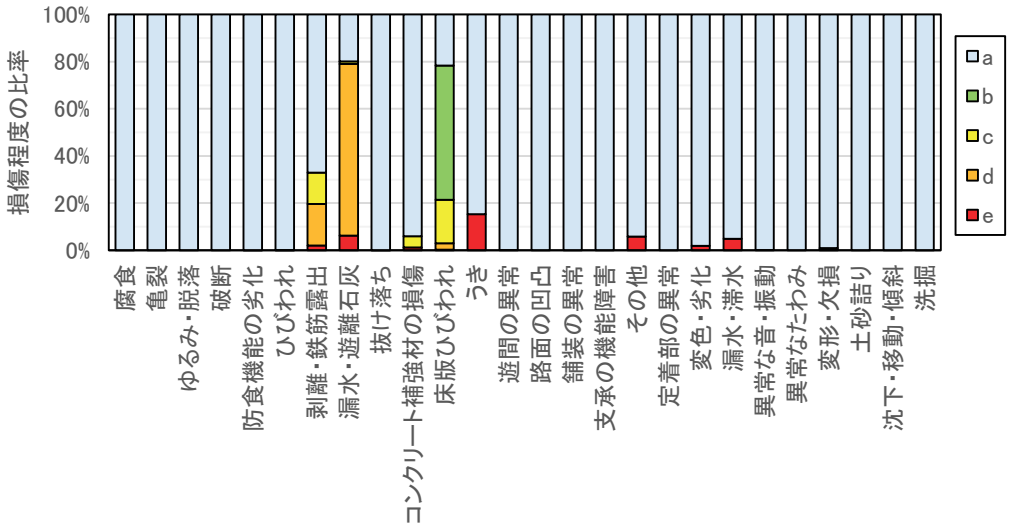
（b）直近点検（対象：21,362 径間）

図　3.7　鋼桁橋のコンクリート床版（RC）の損傷程度の比率

鋼桁橋のコンクリート床版（RC）について、初回点検では、漏水・遊離石灰が 70%程度、床版ひびわれが 60%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、剥離・鉄筋露出が 40%程度、漏水・遊離石灰が 80%程度、コンクリート補強材の損傷が 10%程度、床版ひびわれが 80%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を比較すると、剥離・鉄筋露出とうきで特に顕著な差が見られる。床版ひびわれが確認されている径間は、初回点検も直近点検も変わらない一方で、直近点検では損傷程度 c や d が多くなっていることが確認できる。また、初回点検でコンクリート補強材の損傷が確認されている径間は、鋼コンクリート合成床版の鋼板をコンクリート補強材と読み替えて損傷が記録されている例である。



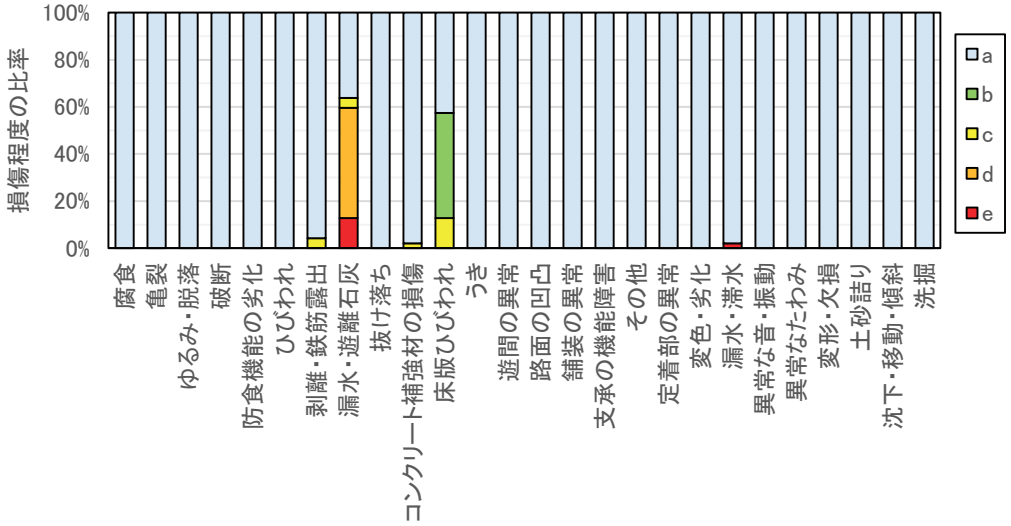
（a）初回点検（対象：889 径間）



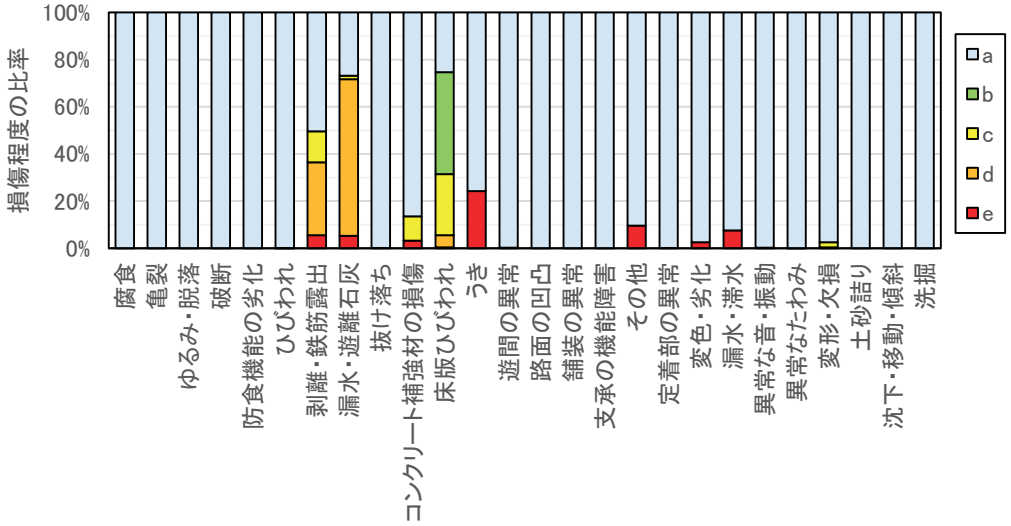
（b）直近点検（対象：14,027 径間）

図　3.8　鋼桁橋のコンクリート床版（RC、非合成桁）の損傷程度の比率

図 3.8～3.9 に、鋼桁橋のコンクリート床版（RC）のデータを非合成桁と合成桁に属するものに分けて整理した。鋼桁橋のコンクリート床版（RC,非合成桁）について、初回点検では、漏水・遊離石灰が 70%程度、床版ひびわれが 60%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、剥離・鉄筋露出が 30%程度、漏水・遊離石灰が 80%程度、コンクリート補強材の損傷が 10%程度、床版ひびわれが 80%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を比較すると、剥離・鉄筋露出とうきで特に顕著な差が見られる。床版ひびわれにおいては、初回点検も直近点検も同程度の発生割合となっている一方で、直近点検では、損傷程度 c や d が多く確認されていることがわかる。



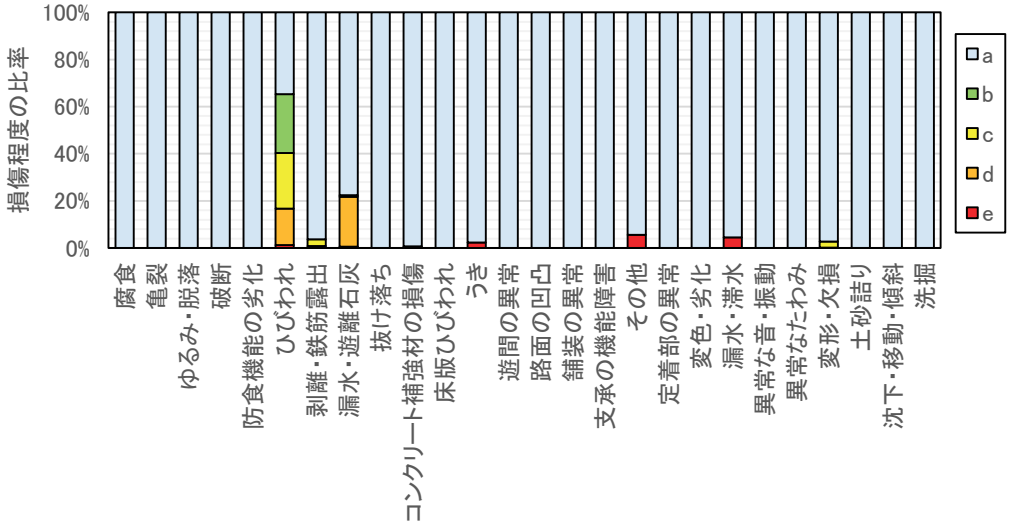
（a）初回点検（対象：47 径間）



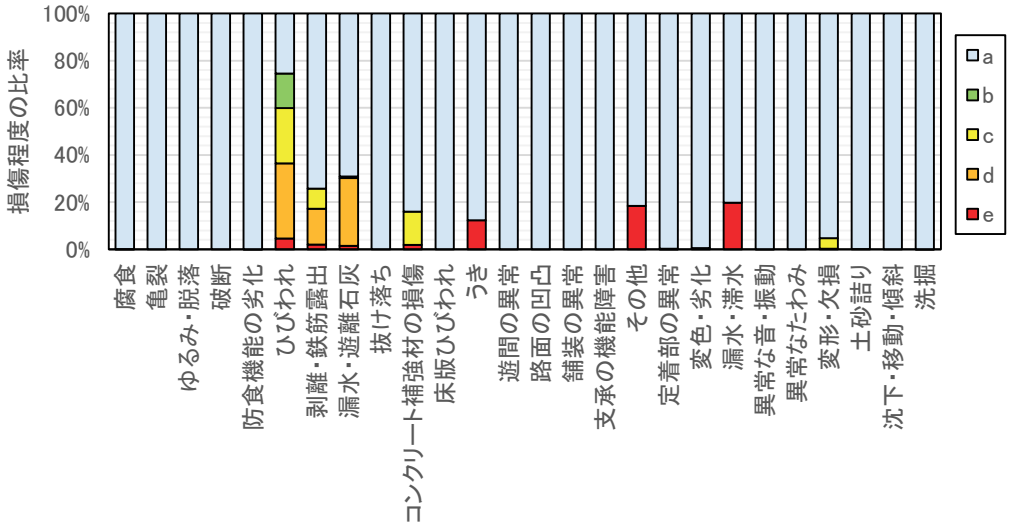
（b）直近点検（対象：6,152 径間）

図　3.9　鋼桁橋のコンクリート床版（RC、合成桁）の損傷程度の比率

鋼桁橋のコンクリート床版（RC、合成桁）について、初回点検では、漏水・遊離石灰が 60%程度、床版ひびわれが 60%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、剥離・鉄筋露出が 50%程度、漏水・遊離石灰が 70%程度、コンクリート補強材の損傷が 10%程度、床版ひびわれが 70%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を比較すると、剥離・鉄筋露出とうきで特に顕著な差が見られる。床版ひびわれは、初回点検も直近点検も同程度の割合となっている一方で、直近点検では、損傷程度 c や d が多く確認されており、非合成桁と同様の傾向にある。



（a）初回点検（対象：2,343 径間）



（b）直近点検（対象：34,497 径間）

図　3.10　橋脚の損傷程度の比率

橋脚について、初回点検では、ひびわれが 60%程度、漏水・遊離石灰が 20%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。直近点検では、ひびわれが 80%程度、剥離・鉄筋露出が 20%程度、漏水・遊離石灰が 30%程度、コンクリート補強材の損傷、うき、漏水・滞水が 20%程度の径間にて何らかの形で損傷が生じている。初回点検と直近点検を見ると、剥離・鉄筋露出で特に顕著な差が確認できる。また、ひびわれにおいては、初回点検も直近点検も同程度の割合となっている一方で、直近点検では、損傷程度 c や d が多く確認されていることがわかる。

以上のように、損傷程度の整理を行い、鋼主桁、コンクリート主桁、コンクリート床版、コンクリート橋脚について、初回点検と直近点検の損傷発生状況を確認した。その結果、鋼主桁では、防食機能の劣化や腐食について、変状の発生と劣化の進展には経過年数が支配的な要因として影響している可能性があることがわかった。

コンクリートのひびわれについては、経年的に進展する傾向があると考えられることがわかった。また、RC 桁、PC 桁のいずれにおいても、剥離鉄筋露出は、初回点検時点では損傷の発生割合が少ない一方で、直近点検では多く発生しており、ひびわれと同様に経年的に損傷が進展する傾向があると考えられる。PC 桁（プレテン）は、初回点検より直近点検のほうがひびわれの割合が高く、RC 桁と PC 桁（ポステン）は、初回点検と直近点検でひびわれ割合に大きな差はないものの、損傷程度は、直近点検の方が悪いものが多いことがわかった。また、コンクリート主桁について、ひびわれに着目して、RC 桁、PC 桁（プレテン、ポステン）について比較してみると、同じ PC 桁でも初回点検で生じているひびわれの割合については大きな差があり、PC 桁（ポステン）は、直近点検において、設計上ひびわれを考慮する RC 桁に近い割合でひびわれが生じていることがわかった。

鋼桁橋のコンクリート床版（RC）は、初回点検時点と直近点検時点の両方で、床版ひびわれや漏水遊離石灰が何らかの形で多く確認されており、どちらも同程度の割合である。その一方で、床版ひびわれは、直近点検では損傷程度 c や d の割合が多くなっていることから、経年的に損傷が進展する傾向があると考えられる。

コンクリート橋脚は、コンクリート主桁の RC 桁と同様の傾向である。

3.2　代表的な主要部材における損傷に関する経年毎の損傷程度の割合

各部材に特徴的に発生していた損傷種類について、橋梁の供用年からの経過年数に応じた損傷程度の割合の変化を確認する。図 3.11～3.15 に経過年毎の損傷程度の比率とバブルチャートを示す。図 3.11～3.15 の右図について、プロットの大きさは、グラフ内の最小度数の面積を 1 としたときの比率の違いを相対的に示している。直近点検の整理と同じ点検結果を用いて整理しているが、ここでは、対象要素全数に対しての損傷程度を見るものとし、要素単位で集計を行った。また、前回の点検結果から状態が改善された場合でも、それらのデータの区別はせずに図 3.11～3.15 に反映されている。各図名の（）には、集計対象となった橋梁数、径間数、要素数を示した。

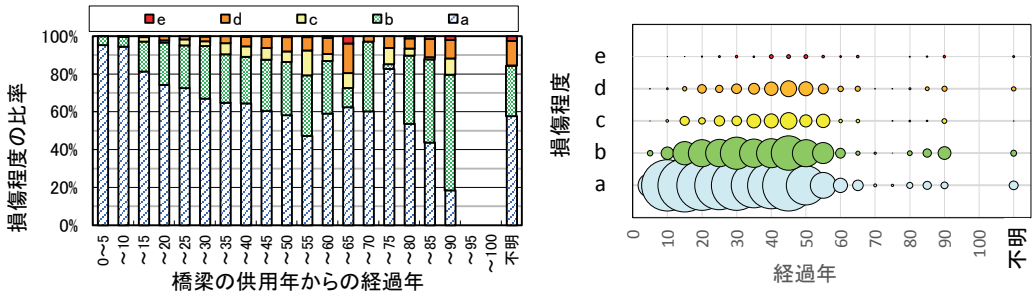


図 3.11　経過年に応じた損傷程度の比率とバブルチャート　鋼主桁・腐食
（橋梁数：8959、径間数：28697、要素数：856941）

図 3.11 に、鋼主桁の腐食について塗装橋を対象とした点検データをまとめた結果を示す。作図に用いた点検データには、めっき、金属溶射、耐候性鋼材が用いられた橋梁は含んでいない。左図から、全ての経過年区分で損傷程度 a、b が概ね 70~80%以上確認でき、損傷程度 e はわずかな比率である。また、経過年 55 年までの間は、経過年数が多いものほど損傷程度 a の比率が減っていくことがわかる。このデータを見るときに注意しなければならないのは、損傷程度 a の割合が減少するとはいえ、途中状態の回復が行われている要素のデータが含まれている結果だということである。経過 60~75 年の間は、経過年数が多いものほど損傷程度 a の比率が増えて行き、その後経過 90 年までは再び経過年数が多いものほど損傷程度 a の比率が減っていく。経過 55 年から経過年数が多いものほど損傷程度 a の比率が増えるのは、悪化する要素よりも補修・補強対策が行われた要素の方の数が多いという可能性が考えられる。右図から、損傷程度 b~e は、経過 10 年～65 年の間で広く分布している。また、前の経過年区分と比較すると、経過 10~50 年程度で損傷程度 b、経過 35~55 年程度で損傷程度 c、経過 30~55 年程度で損傷程度 d がより多く確認されていることがわかる。

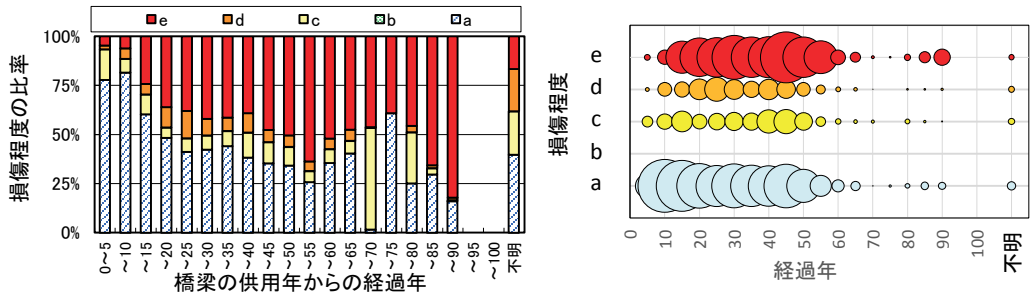


図 3.12　経過年に応じた損傷程度の比率とバブルチャート　鋼主桁・防食機能の劣化
（橋梁数：8,959、径間数：28,697、要素数：856,893）

図 3.12 に、鋼主桁の防食機能の劣化について塗装橋を対象とした点検データをまとめた結果を示す。作図に用いた点検データには、めっき、金属溶射、耐候性鋼材が用いられた

橋梁は含んでいない。左図から、データがない 90~100 年を除く全ての経過年区切りで、損傷程度 e が確認できる。経過 15 年以降から、下塗りの露出や防食塗膜の劣化範囲が広い損傷程度 d、e の比率が対象要素の半数以上で確認されている。また、経過 0~5 年を除く経過 25 年までの間を見ると、経過年数が多いほど損傷程度 a の比率が減っていくことが確認できる。また、経過 55~75 年の間は、経過年数が多いほど損傷程度 a の比率が増えて行き、その後経過 90 年の間は、再び経過年数が多いほど損傷程度 a の比率が減っていくことが確認できる。経過 60~70 年、75~80 年は何らかの理由で損傷程度 c の比率が多い。経過 20~75 年の間で損傷程度 e の比率の変化があまりないのは、順次、防食機能の回復が行われている一方で、防食機能の回復がなされていない橋では、回復させた要素とほぼ同じだけの要素で損傷程度が e になっている可能性が考えられる。右図から、損傷程度 c~e は、経過 5～65 年の間で広く分布している。損傷程度 c の比率の経年変化を見ると経過 15 年ないしは、経過 40～50 年で相対的に比率が高い。損傷程度 d の比率の経年変化を見ると、経過 20～30 年および経過 40~50 年で相対的に比率が高くなる。

鋼主桁の腐食と防食機能の劣化は、経過年に伴う損傷程度の増加、減少の傾向が共通している。しかし、防食機能の劣化は各経過年とも損傷程度 e に達しているものの比率が高いことが特徴である。損傷程度 e に至る前に防食機能の更新することが合理的な場合もあり得るので、今後のマネジメント上の課題として捉えるべきかもしれない。

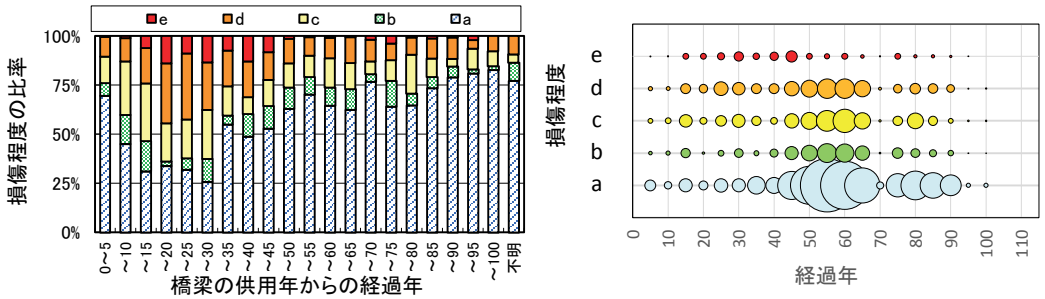


図 3.13　経過年に応じた損傷程度の比率とバブルチャート
コンクリート主桁（RC 桁）・ひびわれの例
（橋梁数：6,173、径間数：13,130、要素数：47,982）

図 3.13 に、コンクリート主桁のひびわれについて RC 桁を対象とした点検データをまとめた結果を示す。作図に用いた点検データには、PC 桁は含んでいない。また、断面形状については区別せずひとまとめとしてデータを扱った。左図では、供用後早期（経過 5 年）に全体の 30%で損傷程度 b~e が確認されており、経過 15 年では全体の 70%まで増加しており、その後、経過 30 年まで同程度の水準で損傷が確認されている。経過 30 年以降は大局的な傾向として、経過年数が多いほど損傷程度 a の比率が増えている。

右図から、損傷程度 e の比率の経年変化を見ると、供用後早期(経過 5 年)であっても損傷程度 e に区分されるひびわれが生じていることが特徴である。損傷程度 b~e の比率の経年変化を見ると、経過 5~65 年、経過 75~90 年の間で広く分布していることがわかる。

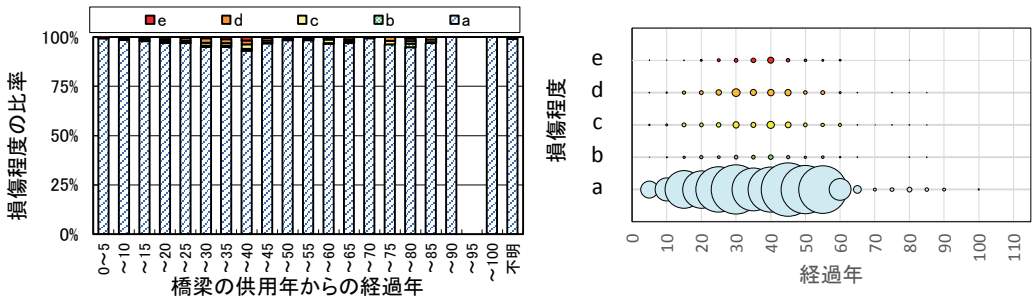


図 3.14　経過年に応じた損傷程度の比率とバブルチャート
コンクリート主桁（PC 桁・プレテン桁）・ひびわれの例
（橋梁数：7,672、径間数：17,521、要素数：407,780）

図 3.14 に、コンクリート主桁のひびわれについて PC 桁のプレテン桁を対象とした点検データをまとめた結果を示す。作図に用いた点検データには、RC 桁および PC 桁のプレテン桁は含んでいない。また、断面形状の区別はせずひとまとめとしてデータを扱っている。左図から、データがない期間を除く全ての経過年で概ね 90%以上が損傷程度 a であることが確認できる。しかし、右図からわかるとおり、供用早期（経過 5 年）であっても損傷程度 e に区分されるひびわれが生じていることが確認できる。

RC 桁と比較すると、全体的に PC 桁・プレテン桁の方が損傷程度 b~e の比率が明らかに低く、供用早期の損傷も明らかに少ないことがわかる。

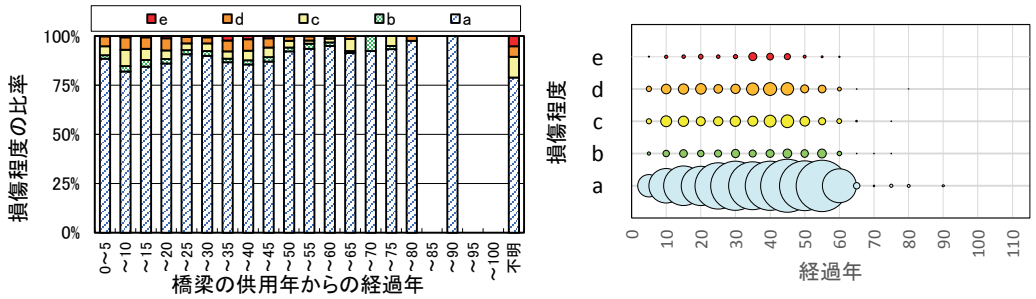


図 3.15　経過年に応じた損傷程度の比率とバブルチャート
コンクリート主桁（PC 桁・ポステン桁）・ひびわれの例
（橋梁数：3,221、径間数：11,222、要素数：133,351）

図 3.15 に、コンクリート主桁のひびわれについて PC 桁のポステン桁を対象とした点検データをまとめた結果を示す。作図に用いた点検データには、RC 桁、PC 桁のプレテン桁は含んでいない。また、断面形状の区別はせずひとまとめとしてデータを扱っている。左図から、データがない期間を除く全ての経過年で、概ね 80%以上が損傷程度 a であることが確認できる。しかし、PC 桁である図 3.14 のプレテン桁の結果と比較すると異なる様相

を示し、供用後早期（経過 5 年）に全体の 10%程度で損傷程度 b~e に区分されるひびわれが生じていることが確認できる。右図から、経過 5 年で損傷程度 e に区分されるひびわれが生じることが確認できる。また、損傷程度 b~e は経過 5～65 年の間で広く分布していることがわかる。

図 3.13 に示す RC 桁に関する結果と比較すると、供用後早期にある程度の割合で損傷が発生する点は共通しているが、PC 桁・ポステン桁の方が明らかに損傷の割合が低いことがわかる。しかし、図 3.14 の PC 桁のプレテンと比較すると、ポステンの方が何らかの形で損傷が生じている割合が高く、経年的に損傷が生じる割合が高くなるという傾向も見られない。

3.3 まとめ

ここでは、主な鋼部材、コンクリート部材の初回点検と直近点検の損傷発生状況を整理した。その結果、損傷の発生および進展の傾向は、損傷や部材によって異なる一方で、同じ時期に架設されていても損傷程度に差があること、早期に悪い状態（損傷程度 d,e）に至る要素もあれば長期間軽微なままという要素もあり、同じ損傷程度に至るまでの時間には、非常に大きなばらつきがあることが確認された。そのため、図 3.11~3.15 の結果から回帰曲線を作成し劣化モデルとするときには、劣化のばらつきが大きいことから予測モデルと実際とは大きく乖離しうることに留意する必要がある。また、このように、橋梁の劣化のばらつきは大きく、この後の章で考察するように、統計的なデータの整理方法を変えても経年と劣化を関係付ける劣化モデルの精度向上には限界があることを認識して点検データや劣化モデルを扱う必要がある。